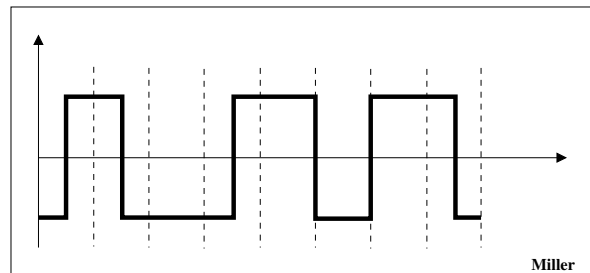
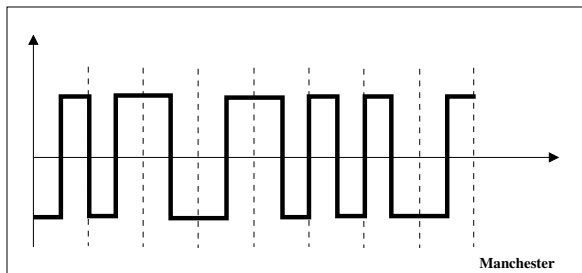
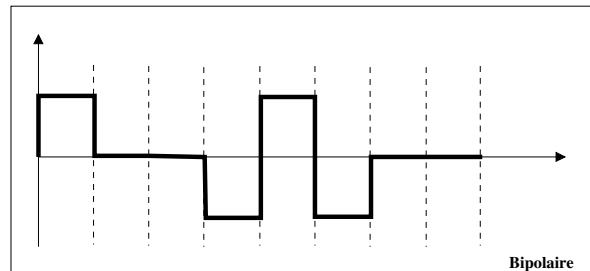
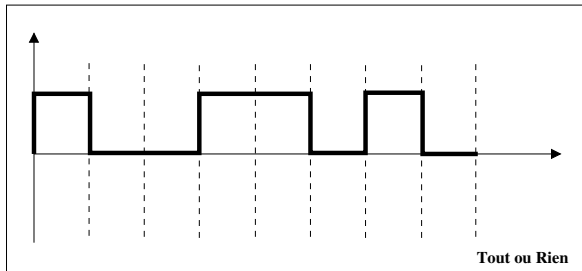


# TD2. Topologie des réseaux, couche physique.

Gilles Grimaud, Samuel Hym, Sébastien Jean

## Exercice 1 : Transmission de l'information binaire

Q 1 . Décoder les informations transmises dans les quatre cas représentés ci-dessous.



Q 2 . Discuter des qualités et défauts de chaque technique de codage.

## Exercice 2 : Modem ADSL

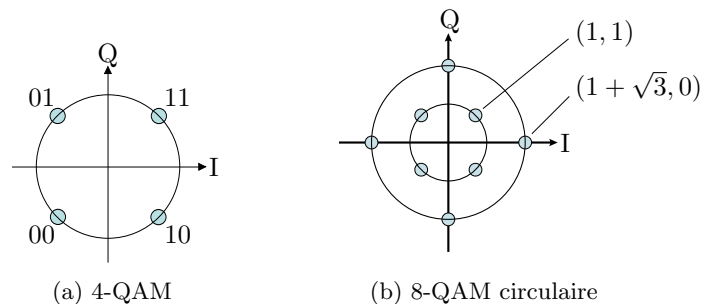


FIGURE 1 – Constellations QAM

Un modem ADSL utilise la modulation d'amplitude en quadrature (*Quadrature amplitude modulation* en anglais, abrégée donc en QAM). Suivant cette technique de modulation, un symbole est représenté par la somme d'un sinus et d'un cosinus dont les amplitudes sont modulées. Par exemple, si on utilise la QAM définie par la figure 1a, le symbole 10 sera représenté par la somme de  $\sin(x)/\sqrt{2}$  (le point est situé à  $1/\sqrt{2}$  sur l'axe des abscisses;  $I$  signifie *in-phase*, c'est-à-dire  $\sin$ ) et de  $\cos(x) \times -1/\sqrt{2}$  (l'axe des ordonnées est noté  $Q$  pour *quadrature*, c'est-à-dire  $\cos(x) = \sin(x + 2\pi/4)$ ).

La figure 1a définit une *constellation* de 4 points. Suivant la qualité d'une ligne et des équipements émetteurs et récepteurs, on peut utiliser des constellations contenant un grand nombre de points, c'est-à-dire augmenter le nombre de symboles de la communication.

Q 1 . Plutôt que d'utiliser une des techniques de codage de l'information vues dans l'exercice précédent, on module le signal pour le transmettre sur une ligne téléphonique. Pourquoi?

Q 2 . Combien de bits permet de transmettre chaque période l'utilisation d'une constellation  $n$ -QAM.

Q 3 . Attribuer un symbole à chaque point de la constellation 8-QAM de la figure 1b. Sachant que les transmissions sont sujettes aux erreurs, comment attribuer des valeurs à ces symboles? Décoder les

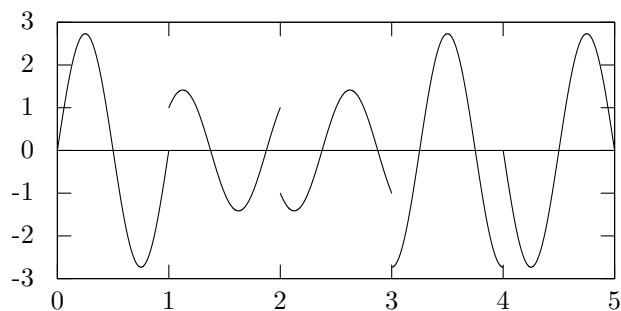


FIGURE 2 – Signal encodé par 8-QAM

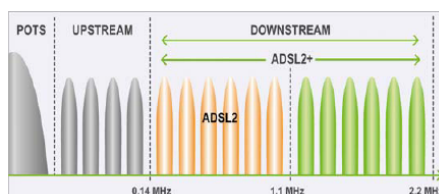


FIGURE 3 – Fréquences utilisées par les normes ADSL

symboles du signal donné figure 2 suivant la constellation 1b, en sachant que le premier symbole est  $(1 + \sqrt{3}, 0)$ .

Les paires torsadées de cuivre de plusieurs kilomètres perdent en premier les hautes fréquences. Pour obtenir un débit élevé, l'ADSL utilise du multiplexage fréquentiel. Le spectre est divisé en sous-porteuses de 4,3125kHz.

**Q 4 .** Les différentes normes d'ADSL utilisent le spectre jusqu'à environ 1,1MHz ou 2,2MHz. En combien de sous-porteuses le spectre est-il divisé ?

Sur chaque sous-porteuse, environ 4000 symboles peuvent être échangés chaque seconde. Chaque symbole peut avoir de 2 à 15 bits.

Le nombre de bits utilisables par sous-porteuse est calculé au cours de la synchronisation, en calculant le rapport signal sur bruit par sous-porteuse (cette valeur est mise à jour au cours de l'utilisation, sans avoir besoin de faire une réinitialisation de la connexion : ces valeurs sont trop volatiles). Les premières sous-porteuses sont réservées pour la téléphonie normale.

Le terme ADSL recouvre plusieurs normes différentes concernant l'ensemble des sous-porteuses qui sont consacrées au trafic montant et celles au trafic descendant, mais ces dernières sont toujours bien plus nombreuses (le A de ADSL signifie *asymétrique*).

**Q 5 .** En considérant que les sous-porteuses 6 à 31 servent au trafic montant et les sous-porteuses 32 à 255 au trafic descendant calculer les débits montant et descendant maximum.

ADSL2+ étend le nombre de sous-porteuses à 512. En utilisant les 256 nouvelles pour le trafic descendant, calculer le débit descendant que l'on obtient.

De quelle taille est la plus grande constellation QAM utilisable pour l'encodage ?

En pratique ces débits ne sont pas atteints : certaines sous-porteuses peuvent être réservées (sous-porteuse pilote), trop atténuées, etc.

**Q 6 .** Une vidéo encodée en MPEG 4 HD sur youtube a environ un débit de 3,75 Mbit/s. En supposant une connexion ADSL avec 256 sous-porteuses, combien de bits doit-on avoir par symbole de chaque sous-porteuse, en moyenne, pour diffuser la vidéo en temps réel, en ignorant tous les autres coûts (couches réseau, codes correcteurs, etc.).

### Exercice 3 : Tous sur orbite

Une connexion numérique est établie entre deux points (A et B) de la terre via un satellite géostationnaire (situé à 36000 km de chacun des deux points). Un signal est émis depuis A à raison 64 kbits/s, et à la vitesse de 300000 km/s. Une fois le début du signal reçu, B retourne un acquittement.

**Q 1 .** Combien de bits pourront être émis par A avant que ce dernier ne sache que B a bien reçu les premières informations ?